

**PCT**WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales BüroINTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> : <b>G02B 21/00, G01B 11/02, 9/04, 11/24</b>		A2	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 98/44375</b>
		(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:	8. Oktober 1998 (08.10.98)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP98/01177		(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).	
(22) Internationales Anmeldedatum: 3. März 1998 (03.03.98)		Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>	
(30) Prioritätsdaten: 197 13 362.2 29. März 1997 (29.03.97) DE			
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): CARL ZEISS JENA GMBH [DE/DE]; Tatzendpromenade 1a, D-07745 Jena (DE).			
(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SCHERÜBL, Thomas [DE/DE]; Kronfeldstrasse 2a, D-07745 Jena (DE). CZARNETZKI, Norbert [DE/DE]; Drackendorfer Weg 4, D-07747 Jena (DE).			
(74) Gemeinsamer Vertreter: CARL ZEISS JENA GMBH; Tatzendpromenade 1a, D-07745 Jena (DE).			

PTO 2013-2016

S.T.I.C. Translations Branch

(54) Title: CONFOCAL MICROSCOPIC DEVICE

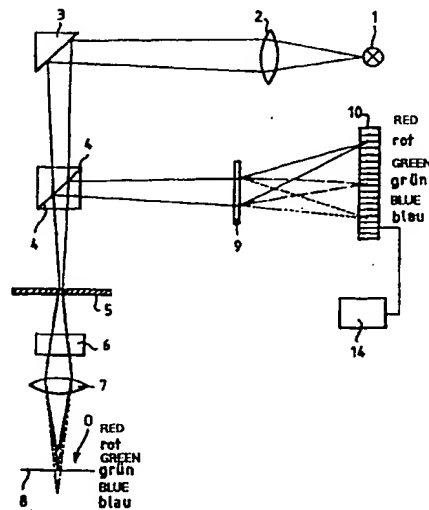
(54) Bezeichnung: KONFOKALE MIKROSKOPISCHE ANORDNUNG

(57) Abstract

An autofocus for a confocal microscope is realized by means of a confocal microscopic device with scanned illumination of an object (5), means to produce a first wavelength selective division (e.g. chromatic color-length defect) of the illuminating light, means (6) to produce a second wavelength selective division of the light coming from the object, and means of detection (10) to detect the light distribution produced by the two means above-mentioned. Spectral division and detection of a wavelength selectively illuminated object image occur, and a control signal to adjust focal position is generated on the basis of determined deviations in frequency and/or intensity from a predefined reference value corresponding to the position of an object. The invention also relates to a method for detecting deviations between one first vertical profile and one second vertical profile, preferably to detect and/or control defects in semiconductor structures, wherein wavelength-selective illumination of a first object is carried out, the light arising from the first object is detected and electronically compared with a second object.

(57) Zusammenfassung

Mittels konfokaler mikroskopischer Anordnung, mit rasterförmiger Beleuchtung eines Objektes (5), Mitteln zur Erzeugung einer ersten wellenlängenselektiven (z.B. chromatischer Farblängsfehler) Aufspaltung des Beleuchtungslichtes (6) Mitteln zur Erzeugung einer zweiten wellenlängenselektiven Aufspaltung des vom Objekt kommenden Lichtes, Detektionsmitteln (10) zur Erfassung der durch die zweiten Mittel erzeugten Lichtverteilung, wird ein Autofokus für ein konfokales Mikroskop realisiert, wobei eine spektrale Aufspaltung und Detektion eines wellenlängenselektiv beleuchteten Objektbildes erfolgt und aus der Bestimmung der Frequenz- und/oder Intensitätsabweichung von einem einer Objektlage entsprechenden vorgegebenen Referenzwert ein Steuersignal zur Verstellung der Fokusslage erzeugt wird. Weiterhin ein Verfahren zur Ermittlung von Abweichungen eines ersten Höhenprofils von einem zweiten Höhenprofil, vorzugsweise zur Erfassung und/oder Kontrolle von Defekten an Halbleiterstrukturen, wobei ein erstes Objekt mit einer Lichtquelle wellenlängenselektiv beleuchtet wird und das vom ersten Objekt stammende Licht detektiert und elektronisch mit einem zweiten Objekt verglichen wird.



# LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Letland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauritanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

#### Konfokale mikroskopische Anordnung

Aus GB 2144537 A ist ein Gerät zur Profilvermessung von Oberflächen bekannt, das eine polychromatische Lichtquelle aufweist.

Das Beleuchtungslicht wird longitudinal spektral aufgespalten und auf ein Objekt fokussiert, wobei jedem Fokuspunkt eine bestimmte Wellenlänge entspricht.

Das vom Objekt reflektierte Licht gelangt über einen Strahlenteiler auf ein dispersives Element und wird von diesem auf ein Fotodiodenarray fokussiert.

Durch Auslesen des Fotodiodenarrays wird das stärkste Signal ermittelt und in Beziehung zur Objektoberfläche gebracht.

WO 88/10406 beschreibt eine Vorrichtung zur Messung von Abständen zwischen einem optischen Element mit großer chromatischer Aberration und einem Gegenstand, ebenfalls zur Profilvermessung, mit einer strukturierten Lichtquelle und einer spektraldispersiven Apparatur sowie einer CCD - Kamera.

In US 4965441 ist eine scannende, das heißt punktweise abtastende konfokale Anordnung mit erhöhter Tiefenauflösung beschrieben, wobei im Auswertestrahlangang zur Wellenlängenseparation dispersive Elemente angeordnet sind.

Das Prinzip eines scannenden Bilderzeugungsverfahrens mit einer Objektivlinse starker chromatischer Aberration und spektraler Zerlegung des vom Objekt rückgestreuten Lichtes ist auch Gegenstand von DE 4419940 A1.

WO 92/01965 beschreibt eine Anordnung zur simultanen Bilderzeugung mit bewegter Lochblende im Beleuchtungsstrahlengang, wobei das Objektiv eine hohe chromatische Aberration aufweisen kann und die Anordnung als Profilsensor verwendet werden soll.

IN WO 95/ 00871 wird ebenfalls eine Anordnung mit bewegter Lochblende und einem fokussierenden Element mit axialem Chromatismus beschrieben, wobei im Auswertestrahlangang zwei Kameras vorgeordnete spektrale Filter vorgesehen sind.

Pixelweise erfolgt eine Signaldivision zur Wellenlängenbestimmung.

Derartige Anordnungen sind auch aus SCANNING, Vol.14, 1992, S. 145 -153 bekannt.

Ein System zur Erzeugung eines Farbhöhenbildes wird weiterhin beispielsweise mit dem CSM Zusatz für das Axiotron-Mikroskop der Anmelderin realisiert.

Durch visuelle Auswertung des Farbbildes wird das Höhenprofil inspiziert.

Eine spezielle Anwendung ist dabei die Waferinspektion, d.h. die Detektion von Defekten auf Wafern (z. B. aufliegende Partikel, Unregelmäßigkeiten in der Struktur). Defekte werden dabei als farblich abgegrenzte Bereiche sichtbar. Damit können Höhenunterschiede  $< 0.1 \mu\text{m}$  farblich unterschieden werden. Der zugängliche Höhenbereich, die Farbspreizung, hängt vom verwendeten Objektiv ab und beträgt beispielsweise  $4 \mu\text{m}$  bei einem 50x Objektiv.

Bei der automatischen Waferinspektion ist eine schnelle Detektion von Defekten nötig. Übliche in der Praxis eingesetzte Verfahren arbeiten auf der Basis von Laserstreuung oder digitaler Bildverarbeitung. Damit können z.Zt. Defekte im Bereich  $0.2 \mu\text{m}$  mit einem typischen Durchsatz von 20 Wafern ( $\varnothing = 200 \text{ mm}$ ) pro Stunde detektiert werden. Laserstreuverfahren sind dabei auf den Nachweis von Partikel (Schmutz, Staub) beschränkt, während die digitale Bildverarbeitung auch andere Arten von Defekten, wie Strukturfehler sog. „Pattern Defects“ nachweisen kann.

Mit zunehmender Integrationsdichte elektronischer Schaltkreise werden geringere Nachweisgrenzen erforderlich. Bei einem 1 GB DRAM wird beispielsweise der Nachweis einer Defektgröße von  $0.1 \mu\text{m}$  als nötig betrachtet. Bei Verfahren mit digitaler Bildverarbeitung ist die minimal nachweisbare Defektgröße durch das Auflösungsvermögen, die Inspektionsgeschwindigkeit durch die Rechnerkapazität bestimmt. Es muß dabei erheblicher elektronischer Rechenaufwand betrieben werden, um die Informationen mit der entsprechenden Geschwindigkeit zu verarbeiten. Wird beispielsweise ein Wafer mit 300 mm Durchmesser mit einem  $0.3 \mu\text{m}$  Gitter abgerastert, so müssen insgesamt  $10^{12}$  Pixel mit digitaler Bildverarbeitung verarbeitet werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine schnelle und dennoch hochgenaue Detektion von Waferdefekten zu ermöglichen.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die unabhängigen Ansprüche gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen sind in den abhängigen beschrieben.

Das dargestellte Verfahren der integralen spektralen Zerlegung und Analyse der Farbbildinformation hat den Vorteil, daß Defekte deren Höhenausdehnung kleiner als  $0.1\ \mu\text{m}$  ist, nachgewiesen werden können.

Die optische Vorverarbeitung durch eine spektrale Zerlegung ermöglicht darüber hinaus eine schnellere Verarbeitung des vorliegenden Höhenprofils, da das Höhenprofil des gesamten Bildfeldes komprimiert im Spektrum vorliegt. Ebenfalls läßt sich mit einer erfindungsgemäßen Anordnung ein hochgenauer Autofokus realisieren, auf den im weiteren noch näher eingegangen wird.

Die Erfindung und ihre Wirkungen und Vorteile werden nachstehend anhand der schematischen Darstellungen näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1: Das erfindungsgemäße Meß - und Auswerteprinzip

Fig. 2: Verschiedene Höhenprofile und entsprechende Farb - Höhenspektren.

Fig.3 : Die Verschiebung einer Spektrallinie durch Höhenunterschiede einer Leiterbahnoberfläche

Fig.4: Die Abbildung des erzeugten Zwischenbildes auf einen Spektrometereintrittsspalt

Fig.5: Eine erste Ausführung mit Querschnittswandler

Fig.6: Eine zweite Ausführung mit Querschnittswandler

Fig. 7: Eine Ausführung mit einer Farbkamera zur Bildauswertung

Fig.8: Eine Ausführung mit mehreren Lasern unterschiedlicher Wellenlänge

Fig.9: Spektren für verschiedene Höhenprofile bei Fokussierung auf zwei Ebenen mit den Laserwellenlängen  $\lambda_1$  und  $\lambda_2$

Tabelle 1: Farbspreizungen für verschiedene Objektive

In einem parallel konfokalen Aufbau gemäß Fig. 1 mit einer Lichtquelle 1, die eine Weißlichtquelle sein kann, aber auch aus mehreren Lasern verschiedener Wellenlänge oder Mehrlinienlasern bestehen kann, Kollektorlinse 2, Spiegel 3 und einem optischen Teilereslement 4, wird ein Lochraster 5, das sich in der Zwischenbildebene eines Mikroskopobjektivs 7 befindet, beleuchtet.

Bei dem Lochraster 5 handelt es sich um vorzugsweise um eine rotierende Nipkowscheibe oder auch eine Doppelnipkowscheibe mit

Mikrolinsenanordnung, beispielsweise in EP 727 684 A2 beschrieben.

Die Lochrasteranordnung wird zum Abrastern des Bildes geeignet bewegt und erzeugt ein parallel konfokales Bild.

Durch einen Chromaten 6 wird ein gezielter Farblängsfehler in den Strahlengang eingebracht, derart, daß nach dem Strahldurchgang durch das farbkorrigierte Objektiv 7 die Fokuspunkte 8 der verschiedenen Farbanteile der Lichtquelle 1 in verschiedenen Ebenen liegen.

Dadurch erhält man ein parallel konfokales Bild des Objekts O, in dem die Höheninformationen durch eine entsprechenden Farbdarstellung optisch kodiert vorliegen.

Diese Farbdarstellung wird nun durch ein dispersives Element 9, das beispielsweise

ein Prisma oder holographisches Gitter sein kann auf eine Diodenzeile oder CCD - Zeile 10 abgebildet, die mit einer Auswerte- und Verarbeitungseinheit 14 verbunden ist.

Die farblich kodierten Höhenprofile werden damit in ein äquivalentes Farbspektrum zerlegt. Dies ist in Fig. 2 a - d dargestellt. Die spektralen Positionen der Maxima entsprechen dabei den zugehörigen Höhenlinien, während die Anzahl der Ereignisse (Fläche unter dem Maximum) dem Flächenanteil des jeweiligen Höhenniveaus proportional ist.

Das Objekt befindet sich auf einem nicht dargestellten xy-Verschiebetisch und wird entweder in einer kontinuierlichen Bewegung oder in einer *step-and-go* Prozedur abgerastert.

Die Verstellung des Verschiebetisches ist mit der Auslesung des Empfängers 10 synchronisiert, so daß eine eindeutige Zuordnung der ausgelesenen Höheninformation zur Lage auf dem Objekt O erfolgt.

Die Höheneinstellung in z-Richtung wird durch ein Autofocussystem oder durch einen speziellen weiter unten beschriebenen Höhenkontrollalgorithmus kontrolliert. In Fig. 2 a - d ist ein Höhenprofil H sowie eine zu detektierende Defektstelle F sowie jeweils das dem Profil entsprechende ,auf dem Empfänger 10 gemessene Spektrum S A-D und die bei der Auswertung gebildeten Differenzspektren S A-B, A-C, A-D dargestellt.

Es wird deutlich , daß durch Vergleich eines dem idealen Höhenprofil entsprechenden Spektrums SA mit den tatsächlich bei der Waferkontrolle gemessenen Spektren SB - SD eine Information über Art und Umfang der vorhandenen Defektstelle F gewonnen werden kann. Beispielfhaft und ohne Beschränkung der Allgemeinheit sind einige Fehlertypen F in Fig. 2 dargestellt. Fall A in Fig. 2a kennzeichnet ein ideales, fehlerfreies Höhenprofil. In Fig. 2b ist ein Partikel F auf der obersten Schicht, in Fig. 2c ein Partikel zwischen zwei Höhenstrukturen H skizziert. Fig. 2d zeigt eine fehlerhafte Verbindung V zwischen den beiden Höhenstrukturen H. Man erkennt., daß sich je nach Defekttyp die entsprechenden Spektren SA-SD unterscheiden. Ebenso unterscheiden sich die entsprechenden Differenzspektren A-B, A-C, A-D je nach vorliegenden Fehlertyp hinsichtlich der Lage, Breite und Intensität der entsprechenden Maxima. Diese Unterschiede erlauben einen Rückschluß auf den vorliegenden Fehlertyp und Fehlergröße.

Zur Defekterkennung bei Anwendungen beispielsweise in der Waferinspektion , können vorteilhaft verschiedene Verfahren angewendet werden:

**1.**

Es werden zwei benachbarte Spektren aufgenommen und voneinander abgezogen, wie in Fig. 2 schematisch dargestellt. Mit einer Routine ,z.B. Peak-Search-Routine, wie in der optischen Spektroskopie üblicherweise eingesetzt, werden die Maxima im Differenzspektrum bestimmt, die über einen vorher festgelegten Rauschpegel liegen. Liegen solche Maxima vor, befindet sich in dem untersuchten Bereich ein Defekt. Die Position und die entsprechenden Spektren bzw. das Referenzspektrum werden gespeichert. In einer Klassifizierungseinheit werden die Spektren später genauer ausgewertet, da in der Lage und Halbwertsbreite weitere Informationen über die Art der Defekte enthalten sind, die zu einer Defektklassifizierung verwendet werden.

2. Der Vergleich von Spektren erfolgt wie unter 1. beschrieben, nur wird als Vergleichsspektrum ein ideales gespeichertes Spektrum herangezogen.
3. Es werden zunächst mehrere Spektren aufgenommen und aus diesen durch Mittelung ein Referenzspektrum gebildet. Dieses gemittelte Referenzspektrum wird dann wie unter Punkt 1 beschrieben mit einem aktuellen Spektrum verglichen.

Bei dem angegebenen Defekterkennungsalgorithmus ist eine Höhenkontrolle nötig, da ein Höhenunterschied zu einer Verschiebung der Spektren zueinander führt. Prinzipiell kann diese Höhenkontrolle mit einem üblichen Autofocussystem durchgeführt werden oder mit dem nachfolgend beschriebenen Höhenkontrollalgorithmus, der die spektralen Höheninformation verwendet.

In Fig. 3 ist die spektrale Abweichung  $\Delta\lambda$  von einer Wellenlänge  $\lambda_0$ , die einer Höhenabweichung  $\Delta z$  entspricht, schematisch dargestellt.

Die Höhenlage des zu untersuchenden Objekts relativ zur Abbildungsoptik wird durch eine geeignete z-Einstellung, z. B. eines z-Tisches so gewählt, daß eine bestimmte spektrale Linie einem bestimmten Höhenniveau des Objekts entspricht. Diese Linie  $\lambda_0$  (Sollmaximum) charakterisiert idealerweise ein ausgezeichnetes Niveau, z.B. die Leiterbahnoberflächen eines Wafers .

Schwankungen in der Höhe (z-Richtung) um einen Betrag  $\Delta z$  entsprechen dann je nach eingestellter Farbspreizung und verwendeten Chromaten 6 (siehe beispielsweise Tabelle 1) einer Verschiebung dieser Hauptlinie um ein entsprechendes  $\Delta\lambda$ .

Bei einem beliebigen aufgenommenen Spektrum wird nun im Bereich von  $\lambda_0$  die genaue Lage des Maximums bestimmt.

Weicht das Maximum um einen vorher festgelegten Wert von  $\lambda_0$  ab, erfolgt eine Nachregelung der Z - Tischposition über ein Stellelement, vorzugsweise ein Piezostellelement. Ist die Abweichung geringer als dieser vorher festgelegte Wert wird das komplette Spektrum durch elektronische Mittel entsprechend verschoben und danach einer der oben beschriebenen Defekterkennungsalgorithmen durchgeführt.



Darüber hinaus eignet sich das oben angegebenen Verfahren zur Höhenkontrolle vorteilhaft als ein Autofokusverfahren für ein konfokales Mikroskop. Die Vorteile der konfokalen Mikroskopie liegen bekanntermaßen darin, daß eine definierte Objektebene, die Fokusebene, im Bild herausgearbeitet wird. Durch das konfokale Prinzip wird die optische Abbildung von anderen Ebene unterdrückt. Im Bild wird deshalb nur die Fokusebene sichtbar. Im Falle der Waferinspektion kann mit dem konfokalen Prinzip eine bestimmte Waferebene fokussiert werden. Alle anderen Ebenen erscheinen in diesem Bild dunkel. Bei Anwendungen, in denen nur eine bestimmte Ebene untersucht werden soll, ist damit das konfokale Verfahren vorteilhaft. Die digitalen Bildverarbeitung zur Defekterkennung wird damit vereinfacht.

Die Anwendung der konfokalen Mikroskopie zur Analyse von speziellen Ebenen, beispielsweise eines Wafers, erfordert aber ein hochgenaues Autofokussystem, das genau auf die interessierende Ebene fokussiert. Übliche Autofokusverfahren (wie z. B. das Triangulationsverfahren) messen nur die Höhenlage eines bestimmten *Objektpunktes*. Je nach vorliegender Struktur wird damit aber nicht unbedingt die interessierende Ebene fokussiert. Auch Mittelungsverfahren über mehrere Objektpunkte fokussieren nur auf eine beliebige Ebene.

Die vorliegenden Erfindung erlaubt jedoch durch die spektrale Analyse die Aufnahme eines Höhenhistogrammes, d.h. die Höhenverteilung über einen bestimmten Objektbereich. Eine Auswertung dieser Verteilung nach dem oben angegeben Höhenkontrollalgorithmus ermöglicht dann die Fokussierung auf eine bestimmte Ebene, der beispielsweise die Wellenlänge  $\lambda_0$  in Fig. 3 entspricht.

In Fig. 4 erzeugt ein Mikroskopobjektiv 7 mit einer Tubuslinse (nicht eingezeichnet) ein Zwischenbild Z, welches in der Ebene der Lochblendenanordnung 5 liegt.

Dieses Zwischenbild wird mit Hilfe einer Abbildungsoptik 9 beispielsweise auf den Kameraausgang KA des Mikroskops abgebildet.

Ein Teil des Feldes dieses Kameraausgangs KA wird durch einen Spalt 11, der sich vorzugsweise in der Bildebene des Kameraausgangs oder einer zu ihr optisch konjugierten Ebene befindet, in ein Diodenarrayspektrometer abgebildet, das sich aus einem Gitter 12, hier ein holografisches Gitter, einer Diodenzeile 13 und einer Auswerteeinheit 14, bestehend hier aus Speicher, Anzeigeeinheit und Komparator, zusammensetzt.

Das Objekt wird durch einen *step-and-go* Modus mit einem nicht dargestellten xy- – Tisch abgerastert.

Zur Erfassung der Tischposition sind beispielsweise bekannte interferometrische Wegmeßsysteme vorgesehen, wobei die Ansteuerung und Erfassung der Tischposition in x,y und Z - Richtung durch eine Verbindung mit der Auswerteeinheit 14 mit der spektralen Auswertung gekoppelt ist.

Es wird also in dieser Ausführung nur ein Teil des Zwischenbildfeldes in das Spektrometer übertragen. Die Auswertung bzw. Defekterkennung erfolgt in der Auswerteeinheit durch einen Vergleich mit einem gespeicherten idealen Höhenprofil (die-to-database Vergleich) oder mit einem oder mehreren vorhergehenden Höhenprofilen (die-to-die Vergleich) entsprechend dem oben dargestellten Defekterkennungsalgorithmus mit dem dargestellten Höhenkontrollalgorithmus.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform gemäß Fig.5 wird ein Teil des auf den Kameraausgang KA abgebildeten Zwischenbildfeldes mit einem ungeordneten Glasfaserbündel 15, das als Querschnittswandler dient, in ein Diodenarrayspektrometer bestehend aus einem Gitter 13, einer Diodenzeile 13 und einer Auswerteeinheit 14 abgebildet, indem die Fasern in der Zwischenbildebene als Lichteintrittsbündel und vor dem Eintrittsspalt 11 untereinander angeordnet sind. Hierdurch kann eine größere Fläche des Zwischenbildfeldes gleichzeitig spektral analysiert werden.

Die Auswertung und Defekterkennung sowie die Rasterbewegung und z-Kontrolle erfolgt wie bereits beschrieben.

Zur integralen spektralen Analyse des gesamten Zwischenbildfeldes wird in einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform gemäß Fig. 6 ein anamorphotischer (zylinderoptischer) Querschnittswandler 16 zur Abbildung des Zwischenbildes in den Spektrometerspalt 11 verwendet, d. h. die Abbildungsmaßstäbe in Spaltrichtung und senkrecht zur Spaltrichtung sind unterschiedlich. Diese Ausführungsform hat den Vorteil, daß das gesamte Zwischenbildfeld oder ein größerer Teil davon spektral analysiert werden kann.

Die Auswertung und Defekterkennung sowie die Rasterbewegung und z-Kontrolle – erfolgen wie bereits beschrieben.

In einer weiteren Ausführungsform gemäß Fig. 7 wird zur spektralen Analyse des gesamten Zwischenbildes eine Kamera K, die am Kameraausgang KA des Mikroskops montiert wird, verwendet.

Bei der Verwendung einer schwarz-weiss Kamera erfolgt die Analyse pixelweise durch Vergleich der Grauwerte, bei Verwendung einer Farbkamera durch einen pixelweisen Farbvergleich. Die Grauwerte bzw. Farben werden pixelweise gezählt und spektral nach Farbe bzw. Grauwert in einem Histogramm dargestellt. Alternativ kann die spektrale Farbinformation auch durch die Verwendung von zwei schwarz-weiß Kameras in Kombination mit unterschiedlichen Filtern, wie in WO 95/ 00871 und SCANNING, Vol.14, 1992, S. 145 -153 beschrieben gewonnen werden.

Die Höhenkontrolle erfolgt durch ein Autofokussystem, vorzugsweise durch das oben dargestellte Autofokusverfahren, die Defekterkennung durch den dargestellten Defekterkennungsalgorithmus.

Fig. 8 zeigt eine weitere Ausführungsform, wobei die Weißlichtquelle durch eine Beleuchtung mit 3 verschiedenfarbigen Lasern L1 - L3 ersetzt.

Durch den Einsatz von Lasern können nun verschiedene Bildebenen gezielt hervorgehoben werden. Das entstehende Spektrum besteht dabei nur aus den Linien der eingesetzten Laserwellenlängen  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  und  $\lambda_3$ . Die integrale Anzahl der Ereignisse der jeweiligen Linien ist dem Flächenanteil der entsprechenden Fokusebene proportional. Beim Vorliegen von Defekten in dieser Ebene verringert sich die Anzahl der detektierten Photonen entsprechend, wie in Fig. 9 für zwei Wellenlängen schematisch dargestellt.

Defekte äußern sich also nur in der integralen Anzahl der detektierten Ereignisse, nicht jedoch wie bei den Ausführungsformen mit einer Weißlichtquelle in auch unterschiedlichen Wellenlängen. Als Querschnittswandler 14 werden bei dieser Ausführungsform die in den beschriebenen Ausführungsformen dargestellten Querschnittswandler verwendet. Dargestellt ist die anamorphotische Abbildung 16.

Bei der Defekterkennung wird der angegebene Defekterkennungsalgorithmus vereinfacht. Nach Subtraktion der Spektren müssen nur im Bereich der

verwendeten Laserwellenlängen Ereignisse über einer Rauschschwelle gezählt werden. Die Anzahl dieser Ereignisse ist dann dem Flächenanteil des Defekts auf der entsprechenden Höhenlinie proportional.

In Tabelle 1 sind für verschiedene Objektive die typischen Farbspreizungen angegeben.

**Tabelle 1 Farbspreizung**

<b>Vergrößerung</b>	<b>Farbspreizung in z-Richtung</b>
<b>10x</b>	100 µm
<b>20x</b>	25 µm
<b>50x</b>	4 µm
<b>100x</b>	1 µm
<b>150x</b>	0.45 µm

**Patentansprüche**

1.

Konfokale mikroskopische Anordnung

bestehend aus einer Beleuchtungsanordnung zur rasterförmigen Beleuchtung eines Objektes ,

ersten Mitteln zur Erzeugung einer ersten wellenlängenselektiven Aufspaltung des Beleuchtungslichtes

und zweiten Mitteln zur Erzeugung einer zweiten wellenlängenselektiven

Aufspaltung des vom Objekt kommenden Lichtes, parallel für mehrere Punkte des Objektes

sowie Detektionsmitteln zur Erfassung der durch die zweiten Mittel erzeugten Lichtverteilung.

2.

Konfokale mikroskopische Anordnung nach Anspruch 1, wobei die ersten Mittel mindestens ein optisches Element zur Erzeugung eines chromatischen Farblängsfehlers sind.

3.

Konfokale mikroskopische Anordnung nach mindestens einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei das Objekt über eine Loch - oder Schlitzrasterscheibe beleuchtet wird.

4.

Konfokale mikroskopische Anordnung , nach mindestens einem der Ansprüche 1 - 3 , zur Ermittlung von Abweichungen mindestens eines ersten Objektbildes von mindestens einem gleichzeitig oder vorher detektierten und / oder gespeicherten zweiten Objektbild durch elektronischen Vergleich der detektierten spektralen Verteilung des ersten Probenbildes mit der des zweiten Probenbildes.

5.

Konfokale mikroskopische Anordnung , nach mindestens einem der Ansprüche

1 - 4, wobei eine Abbildung des beleuchteten Objektes auf den Eintrittsspalt eines Spektrometers erfolgt.

6.

Konfokale mikroskopische Anordnung, nach Anspruch 5, wobei der Eintrittsspalt in einer Zwischenbildebene angeordnet ist, in die das beleuchtete Objekt abgebildet wird.

7.

Konfokale mikroskopische Anordnung, nach mindestens einem der Ansprüche 1-6, wobei Mittel zur Anpassung eines vom beleuchteten Objekt erzeugten Zwischenbildes an den Eintrittsspalt eines Spektrometers vorgesehen sind.

8.

Konfokale mikroskopische Anordnung, nach mindestens einem der Ansprüche 1-7, mit Mittel zur Querschnittswandlung zwischen einer in Richtung der Detektion angeordneten Zwischenbildebene und dem Eintrittsspalt eines Spektrometers.

9.

Anordnung nach Anspruch 8, wobei eine Faseroptik zur Querschnittswandlung vorgesehen ist.

10.

Anordnung nach Anspruch 8, wobei eine anamorphotische Optik zur Querschnittswandlung vorgesehen ist.

11.

Konfokale mikroskopische Anordnung, nach mindestens einem der Ansprüche 1-10  
wobei die Beleuchtung des Objektes mit Weißlicht erfolgt.

12.

Konfokale mikroskopische Anordnung, nach mindestens einem der Ansprüche 1-10, wobei die Beleuchtung des Objektes mit mindestens zwei Lichtquellen,

vorzugsweise Lasern unterschiedlicher Wellenlänge und/ oder mindestens einem Mehrlinienlaser erfolgt.

13.

Konfokale mikroskopische Anordnung , nach mindestens einem der Ansprüche 1 - 12 , mit einer bewegten Rasterscheibe im Beleuchtungsstrahlengang.

14.

Konfokale mikroskopische Anordnung , nach mindestens einem der Ansprüche 1 - 12, wobei zur Erzeugung eines Scanvorgangs das beleuchtete Objekt bewegt wird.

15.

Konfokale mikroskopische Anordnung , nach mindestens einem der Ansprüche 1 - 14, mit einer Farb - oder Schwarzweißkamera im Detektionsstrahlengang.

16.

Konfokale mikroskopische Anordnung , nach mindestens einem der Ansprüche 1 - 15, wobei mindestens ein Prisma und /oder Gitter zur spektralen Aufspaltung vorgesehen ist.

17.

Konfokale mikroskopische Anordnung , nach mindestens einem der Ansprüche 1 - 16 , wobei als Detektionsmittel CCD - Zeilen oder Diodenzeilen vorgesehen sind.

18.

Autofokus für ein konfokales Mikroskop,  
wobei mindestens punktweise eine spektrale Aufspaltung und Detektion eines wellenlängenselektiv beleuchteten Objektbildes erfolgt und aus der Bestimmung der Frequenz - und/ oder Intensitätsabweichung von einem einer Objektlage entsprechenden vorgegebenen Referenzwert ein Steuersignal zur Verstellung der Fokusslage mittels der vertikalen Objektposition und/ oder des Abbildungssystems des Mikroskopes erzeugt wird.

19.

Verfahren zur Ermittlung von Abweichungen mindestens eines ersten Höhenprofiles von mindestens einem gleichzeitig oder vorher detektierten zweiten Höhenprofil, vorzugsweise zur Erfassung und/ oder Kontrolle von Defekten an Halbleiterstrukturen, vorzugsweise mittels eines konfokalen Mikroskopes nach einem der Ansprüche 1 - 18, wobei ein erstes Objekt mit einer Lichtquelle wellenlängenselektiv beleuchtet wird und das vom ersten Objekt stammende Licht detektiert und elektronisch mit einem vorher oder gleichzeitig detektierten zweiten Objekt verglichen wird.

20.

Verfahren nach Anspruch 19 , wobei vor der Detektion eine weitere wellenlängenselektive Aufspaltung erfolgt.

21.

Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 19 oder 20 , wobei ein Vergleich benachbarter Gebiete ein - und desselben Objektes erfolgt.

22.

Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 19 - 21 , wobei ein Vergleich mit einem gespeicherten Objekt erfolgt.

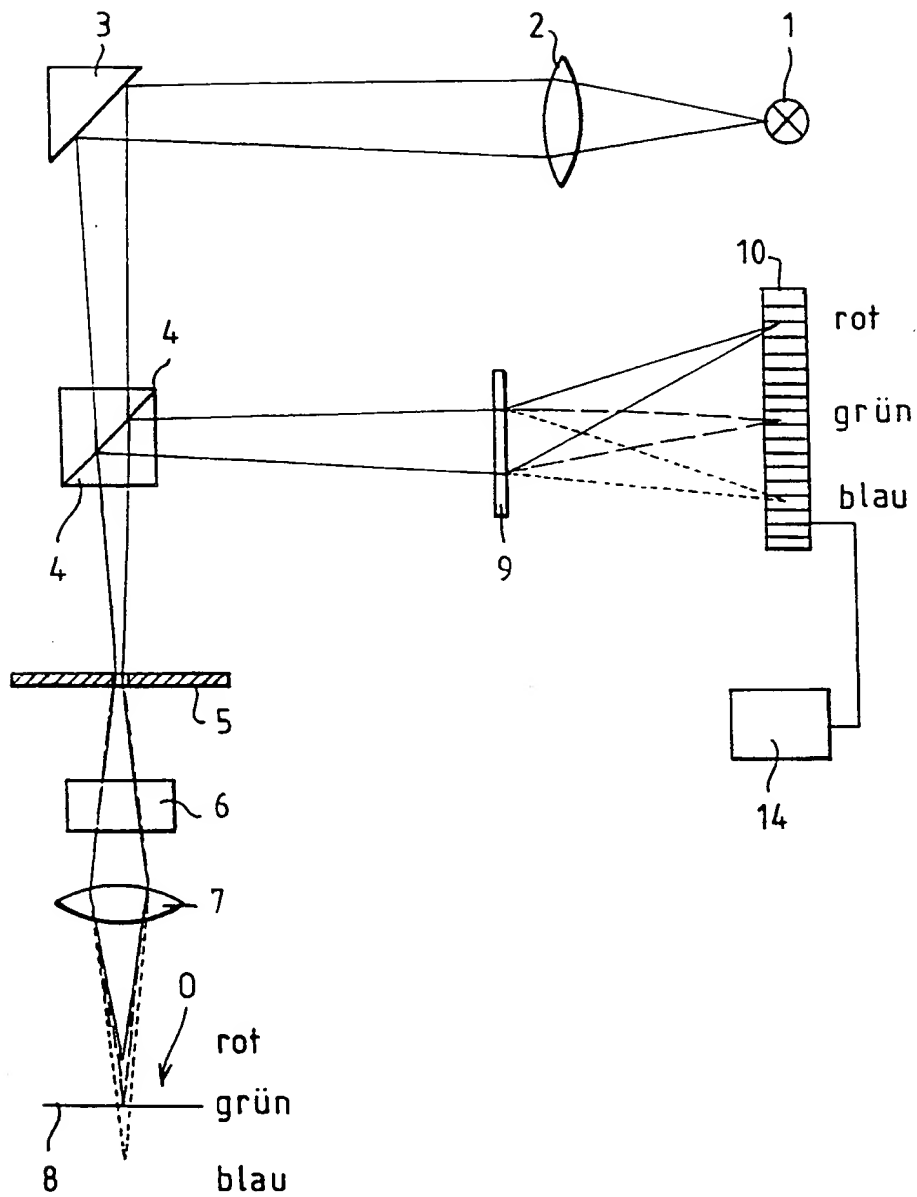
23.

Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 19 - 22 , wobei ein Vergleich durch Mittelung der Detektion mehrerer Objektgebiete oder Objekte und Bildung eines Referenzwertes erfolgt.

24.

Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 19 - 23 , wobei ein Vergleich durch Subtraktion zweier aufgenommener und / oder gespeicherter Bilder erfolgt.



FIG. 1

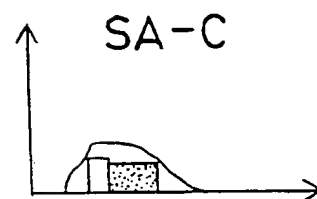
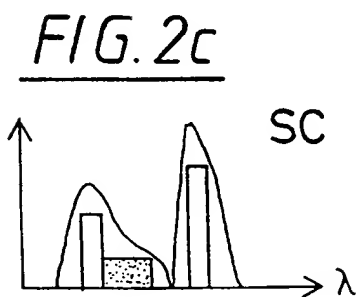
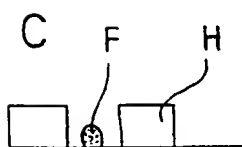
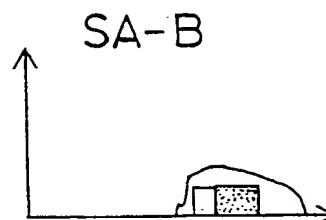
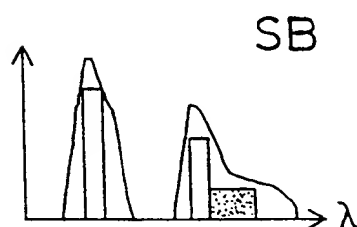
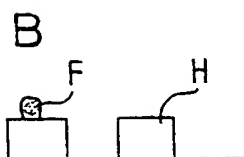
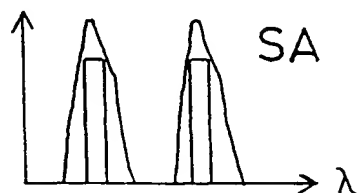
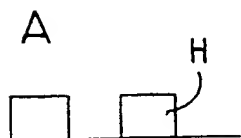
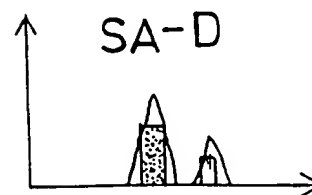
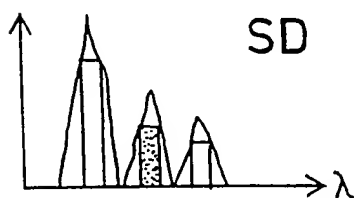
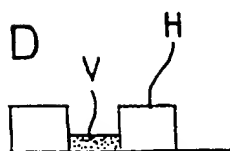
2/8

FIG. 2a

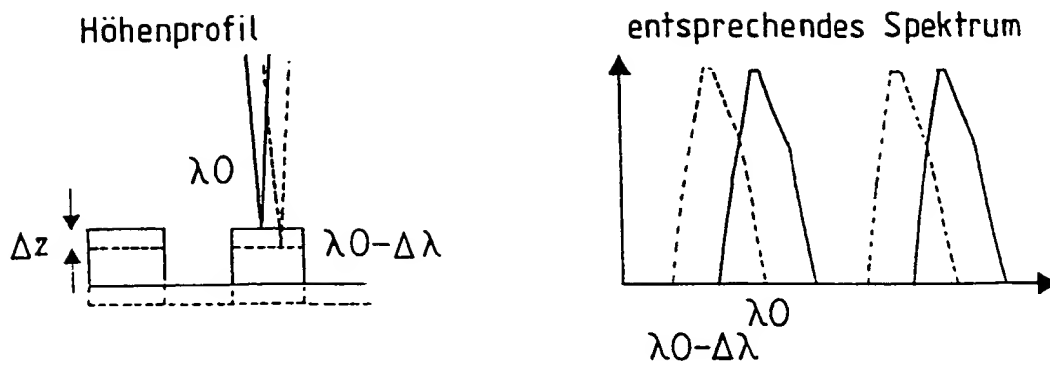
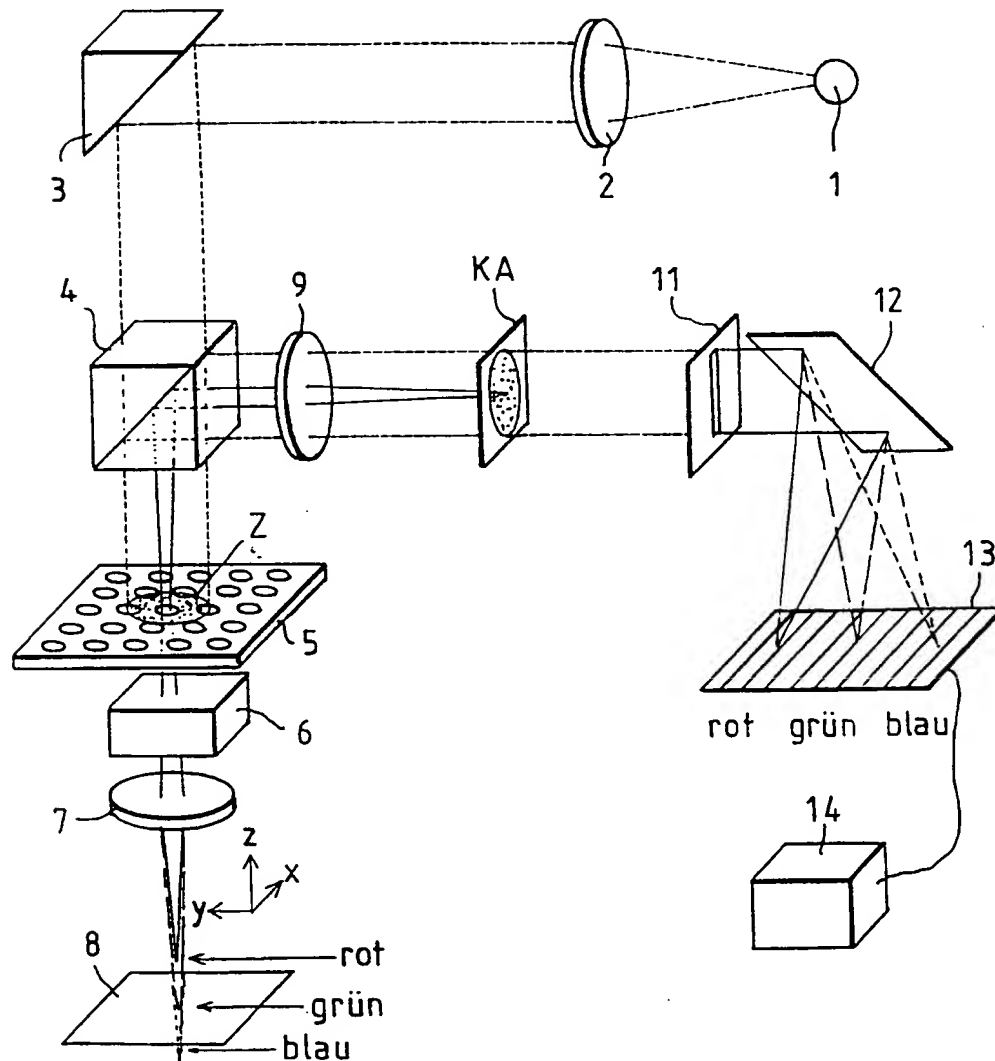
Höhenprofil

entsprechendes Spektrum

Differenzspektren

FIG. 2d

3/8

FIG. 3FIG. 4

4/8

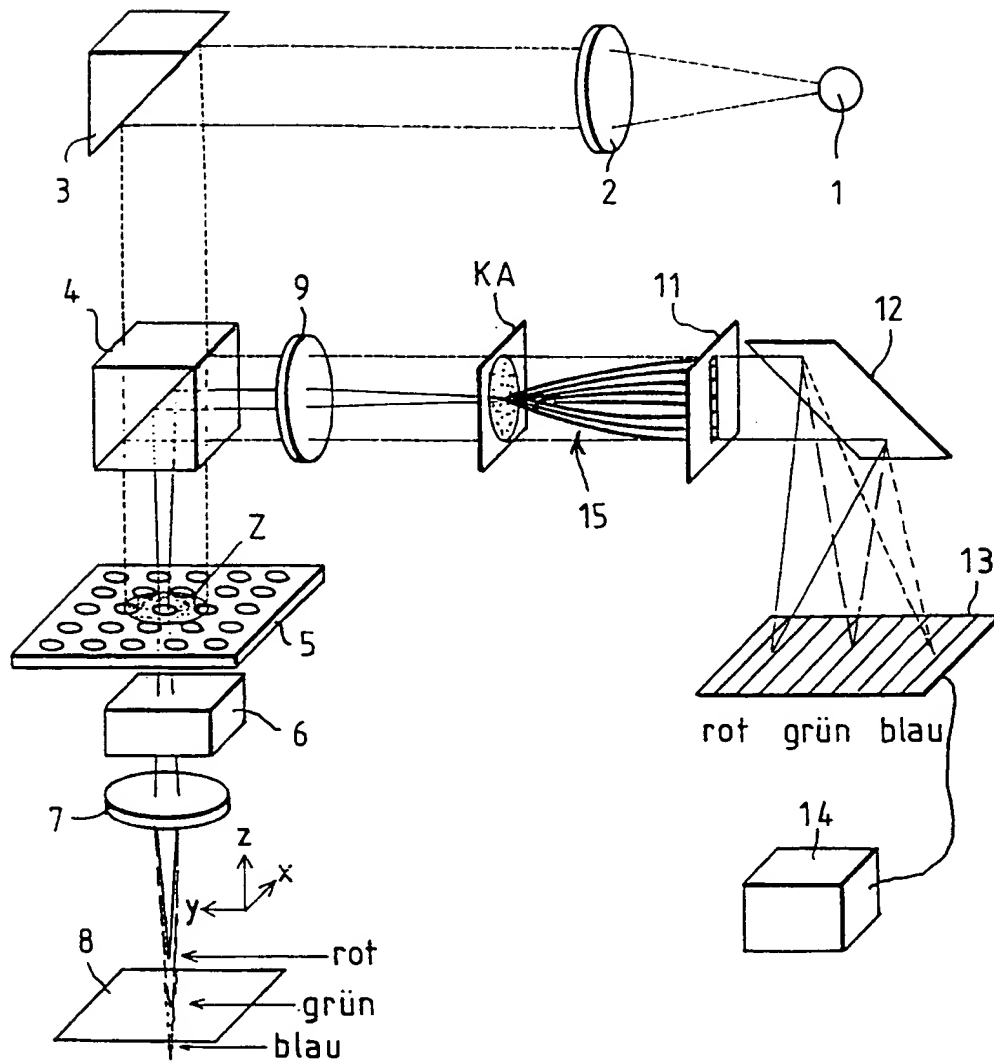
FIG. 5

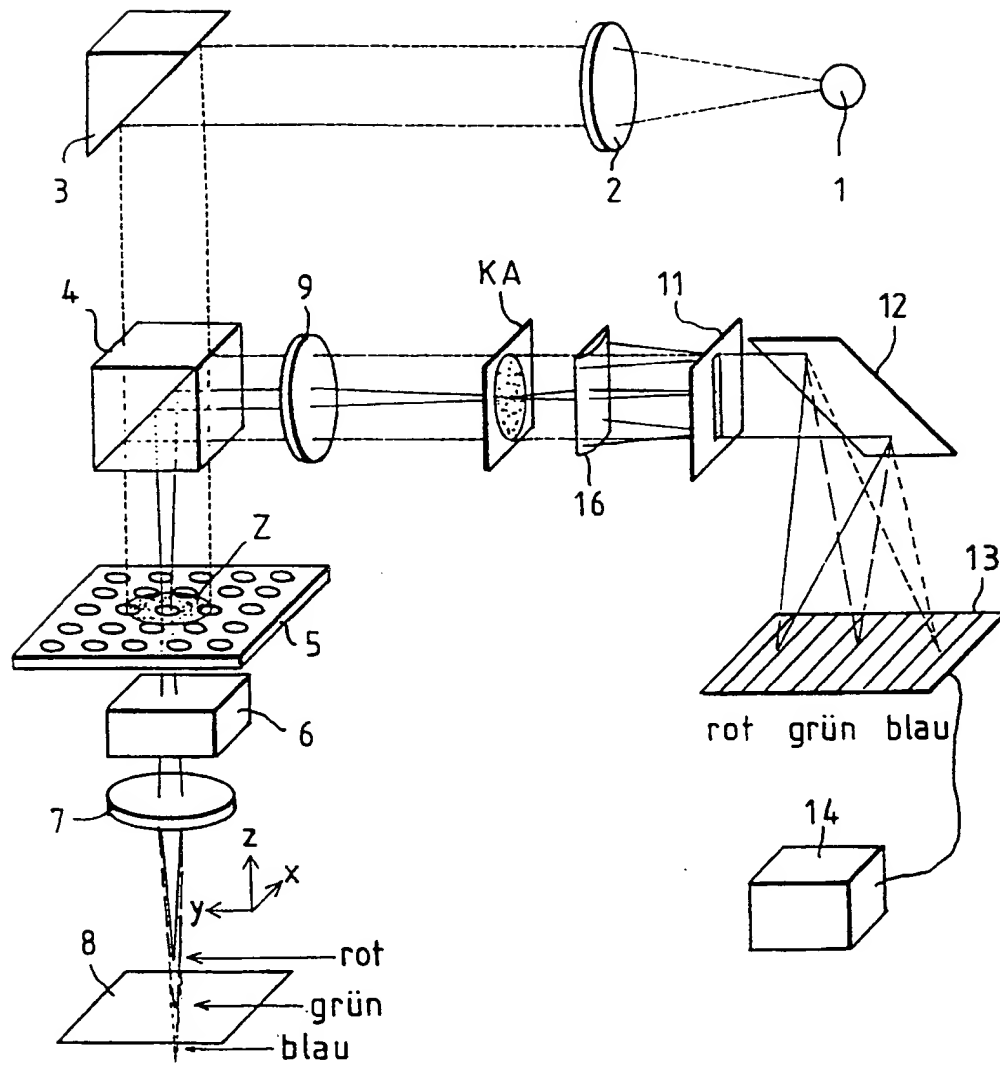
FIG. 6

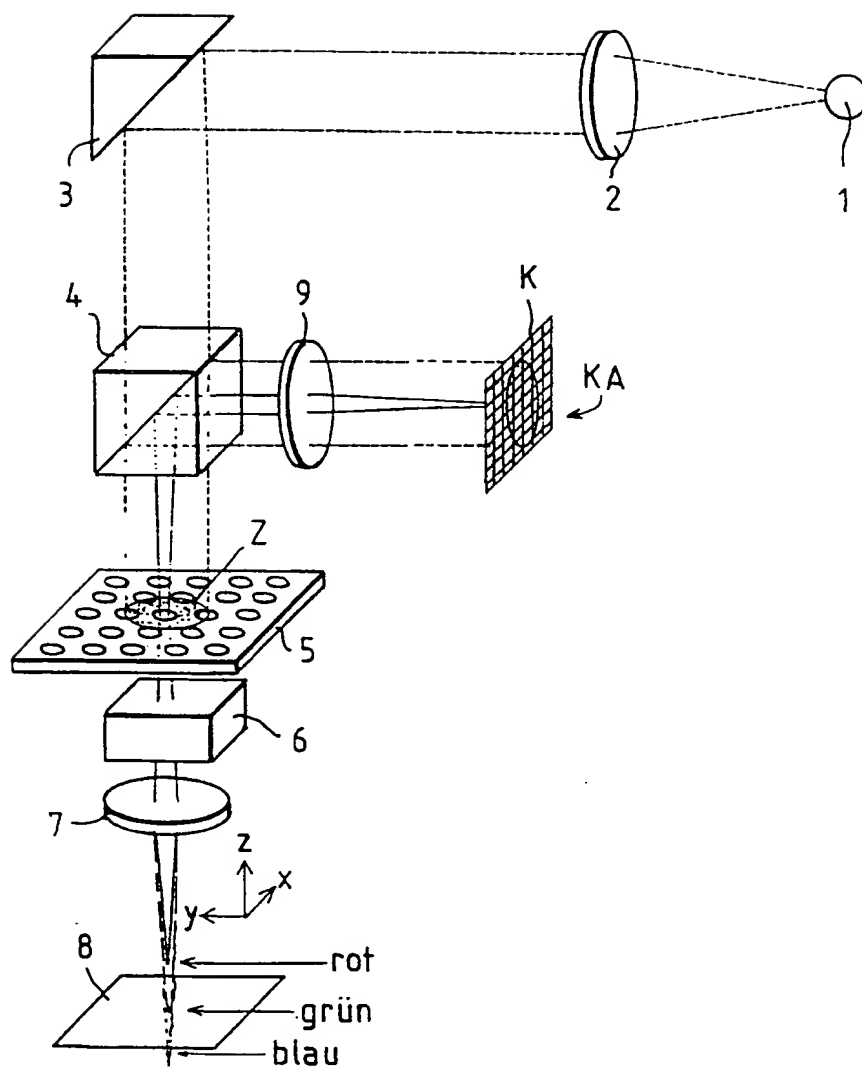
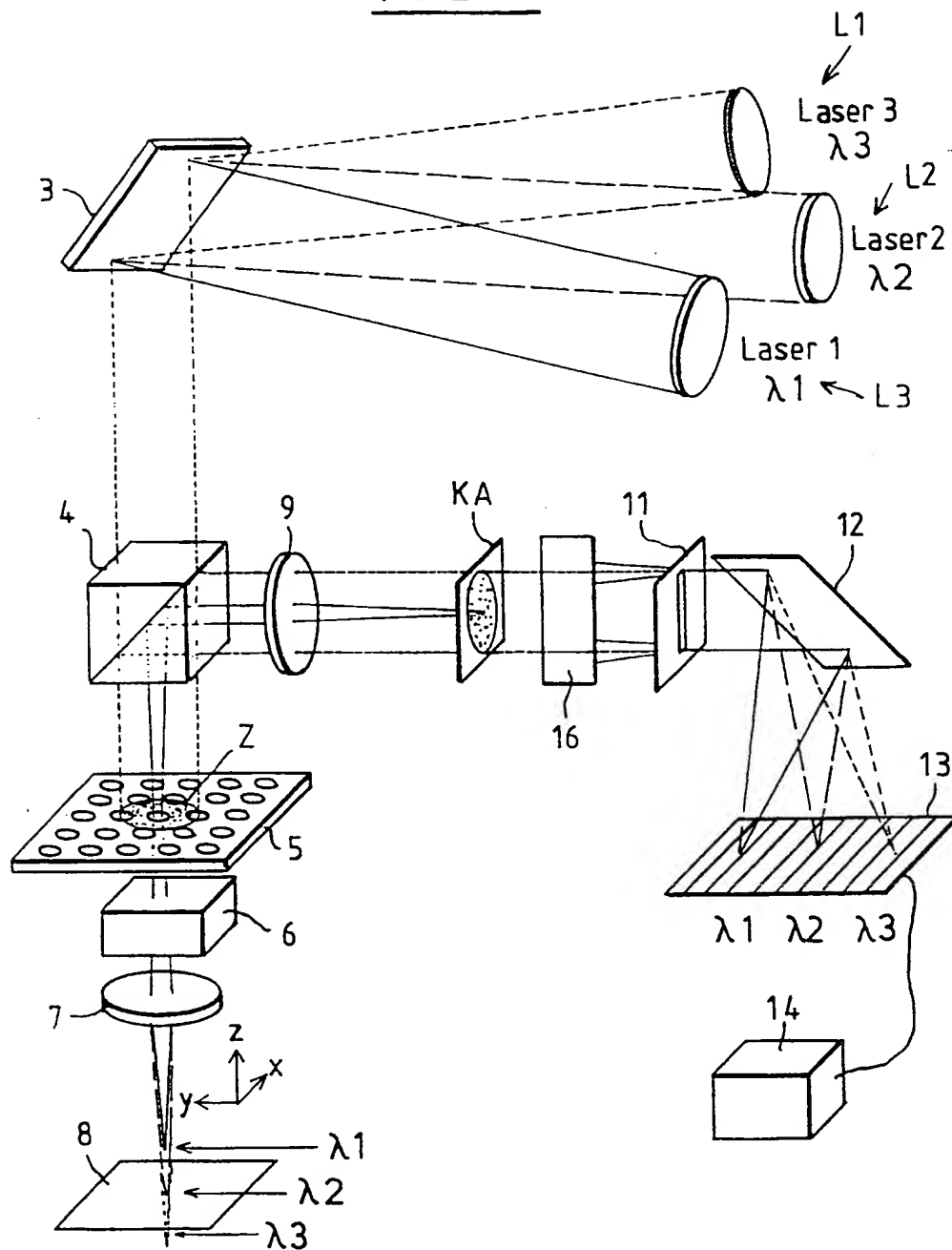
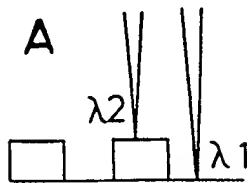
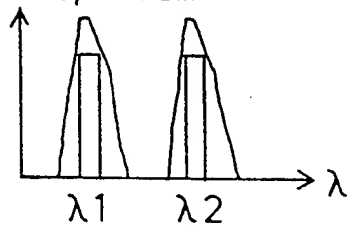
FIG. 7

FIG. 8

8/8

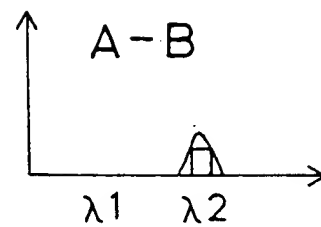
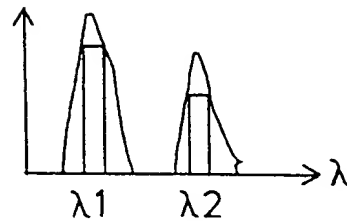
FIG. 9

Höhenprofil

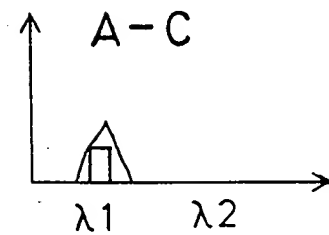
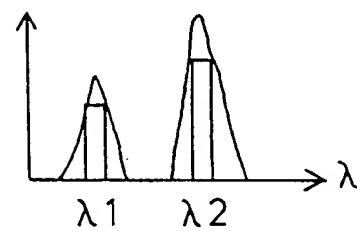
entsprechendes  
Spektrum

Differenzspektren

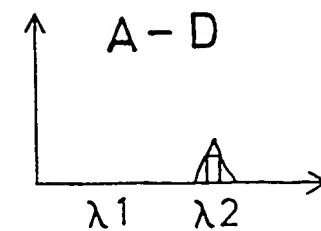
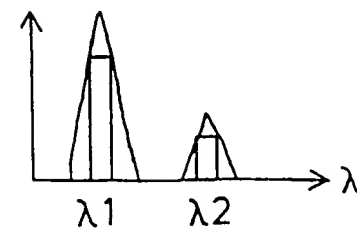
B



C



D





PTO 03-2016

International Patent

Document No. WO 98/44375

CONFOCAL MICROSCOPIC DEVICE

[Konfokale mikroskopische Anordnung]

Thomas Scheruebl et al

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Washington, D.C.

March 2003

Translated by: Schreiber Translations, Inc.

Country : International

Document No. : WO 98/44375

Document Type : Published patent application

Language : German

Inventor : Thomas Scheruebl and Norbert  
Czarnetzki

Applicant : Carl Zeiss Jena LLC, Jena, Germany

IPC : G02B 21/00, G01B 11/02, 9/04,  
11/24

Application Date : March 3, 1998

Publication Date : October 8, 1998

Foreign Language Title : Konfokale mikroskopische Anordnung

English Title : **CONFOCAL MICROSCOPIC DEVICE**

### Confocal Microscopic Device

From GB 2144537 A is known a device for the profile measurement of surfaces, which has a polychromatic light source.

The illumination light is longitudinally spectrally split and focused on an object, so that each focal point corresponds to a specific wavelength. The light reflected by the object arrives by way of a beam splitter on a dispersive element and is focused by the same on a photodiode array. By reading the photodiode array, the strongest signal is determined and brought into relationship with the object surface.

WO 88/10406 describes a device for measuring distances between an optical element with great chromatic aberration and an object, also for profile measurement, with a structured light source and a spectrally dispersive apparatus as well as a CCD camera.

In United States patent 4,965,441 is described a scanning (that is, a point-wise scanning confocal arrangement with increased depth resolution), wherein in the evaluation beam path are arranged dispersive elements for a wavelength separation.

---

<sup>1</sup> Numbers in the margin indicate pagination in the foreign text.

The principle of a scanning image generation process with an objective lens of strong chromatic aberration and spectral resolution of the light backscattered by the object is also the object of DE 44 19 940 A1.

WO 92/01965 describes an arrangement for simultaneous image generation with a shifted aperture plate in the illumination beam path, wherein the objective can have a high chromatic aberration and the arrangement can be used as profile sensor. In WO 95/00871 is also described an arrangement with shifted aperture plate and a focusing element with axial chromatism, wherein in the evaluation beam path are provided spectral filters arranged ahead of two cameras.

A signal division for a wavelength determination takes place pixelwise.

/2

Arrangements such as these are known from SCANNING, Vol. 14, 1992, p. 145-153.

A system for generating a color relief image is furthermore realized, for example, with the CSM addition for the Axiotron microscope of the same applicant.

The vertical profile was inspected by visual evaluation of the color image.

A special application is the wafer inspection, that is, the detection of defects of wafers (for example, overlying particles, irregularities in the structure). The defects are visible as areas delimited in terms of color. Therefore, height differences of  $<0.1 \mu\text{m}$  are differentiated in terms of color. The accessible height area, the color dispersion, depends from the used objective and amounts, for example, to  $4 \mu\text{m}$  with a 50x objective.

In an automatic wafer inspection is necessary a fast detection of defects. The processes used commonly in the practice work on the basis of laser scattering or digital image processing. For this reason, defects within the range of  $0.2 \mu\text{m}$  can be detected in part with a typical operational capacity of 20 wafers ( $\varnothing = 200 \text{ mm}$ ) per hour. The laser scattering processes are therefore limited to the detection of particles (dirt, dust), while the digital image processing can also detect other types of defects such as structural defects, so-called "pattern defects."

Due to the increasing integration density of electronic circuits are required less detection limits. With a 1 GB DRAM is considered necessary, for example, the detection of a defect with a magnitude of  $0.1 \mu\text{m}$ . In processes with digital image processing, the minimum detectable defect magnitude is

determined by the resolution capability, the inspection speed by means of the computer capacity. A considerable electronic computing effort must be made to process the information with the corresponding speed. If, for example, a wafer with 300 mm diameter is scanned with a  $0.3\text{ }\mu\text{m}$  grid, then that a total of  $10^{12}$  pixel must be processed by digital image processing.

/3

It is an object of the invention to make possible a fast and still highly accurate detection of wafer defects.

The object is attained with the independent claims. Preferred exemplary embodiments are described in the dependent claims.

The process of integral spectral resolution and analysis of the color information that is shown has the advantage that defects whose height expansion is less than  $0.1\text{ }\mu\text{m}$  can be detected.

The optical preprocessing by a spectral resolution makes possible furthermore a fast processing of the existing vertical profile, since the vertical profile of the entire image field is compressed in the spectrum. A highly accurate autofocus can also be realized with the arrangement of the invention, which will be described in more detail below.

The invention and its effects and advantages are explained in more detail with reference to the schematic illustrations, wherein:

- Fig. 1: shows the measurement and evaluation principles according to the invention;
- Fig. 2: shows the different vertical profiles and corresponding color relief spectra;
- Fig. 3: shows the shift of a spectral line by way of the vertical differences of a conductor surface;
- Fig. 4: shows the illustration of the produced intermediate image on a spectrometer entrance slit;
- Fig. 5: shows a first embodiment with a cross section converter;
- Fig. 6: shows a second embodiment with a cross section converter;
- Fig. 7: shows an embodiment with a color camera for image evaluation;
- Fig. 8: shows an embodiment with several lasers of different wavelength;
- Fig. 9: shows spectra for different vertical profiles with focusing on two planes with the laser wavelengths  $I_1$  and  $I_2$ ; and
- Table 1: shows the color distribution of different objectives.

/4

In a parallel confocal design according to Fig. 1 with a light source 1, which can be a white light source, but can also

consist of several lasers of different wavelength or multilens lasers, collector lens 2, mirror 3, and an optical splitting element 4, is illuminated an aperture scanner 5, that is located in the intermediate image plane of a microscope objective 7. The aperture scanner 5 is described, for example, in EP 727 684 A2, preferably as a rotating Nipkow disk or also a double Nipkow disk with microlens arrangement. The aperture scanner arrangement is suitably moved to scan the image and generates a parallel confocal image.

A targeted color longitudinal defect in the beam path is introduced by way of a chromate so that, after the beam passes through the color corrected objective 7, the focus points 8 of the different color components of the light source 1 are in different planes.

In this way is obtained a parallel confocal image of the object O in which the vertical height information is optically coded by a corresponding color representation.

This color representation is now imaged by way of a dispersive element 9, which can be, for example, a prism or holographic grid, on a diode line or CCD line 10, which is connected to an evaluation and processing unit 14.

The color-coded vertical profiles are fragmented there in an equivalent color spectrum. This is shown in Figs. 2a-d. The



spectral positions of the maxima correspond there to the corresponding vertical lines, while the number of events (surface under the maximum) is proportional to the surface portion of the corresponding vertical level.

The object is located on an xy-shift table (which is not shown) and is scanned either in a continuous motion or in a stop-and-go procedure.

The shifting of the shift table is synchronized with the readout of the receiver 10, so that a clear assignment of the read-out vertical height information with respect to the position of the object O takes place.

/5

The vertical height adjustment in the z-direction is controlled by way of an autofocus system or by a special vertical control algorithm, which is described in more detail below. In Figs. 2a-d is shown a vertical profile H as well as a defect location F to be detected as well as a spectrum S A-D corresponding to the profile measured on the receiver 10 and which represents the difference spectra S A-B, A-C, A-D formed in the evaluation.

It becomes apparent that by comparing a spectrum SA corresponding to the ideal vertical profile to the spectra SB-SD actually measured during wafer control can be obtained

information about the type and scope of the existing defect locations F. In Fig. 2 are shown examples of a few defects F without causing a limitation of the generality. In case A in Fig. 2a, an ideal defect-free vertical profile is characterized. In Fig. 2b is sketched a particle F on the uppermost layer, in Fig. 2c is sketched a particle between two vertical structures H. Fig. 2d shows a defective connection V between the two vertical structures H. It can be seen that, depending on the defect type, the corresponding spectra SA-SD are differentiated. Also the corresponding difference spectra A-B, A-C, A-D differentiates in dependence upon the existing defect type with regard to the position, width, and intensity of the corresponding maxima. These differences allow a deduction as to the existing defect type and size.

Different processes can be used advantageously for defect detection in applications, for example, in wafer inspection:

- 1.

To neighboring spectra are registered and deducted from each other as is shown schematically in Fig. 2. With the routine, for example the peak search routine, which is commonly used in optical spectroscopy, are determined the maxima in the difference spectrum, which lie over a previously defined noise level. If these maxima are present, a defect is located in the

examined area. The position and the corresponding spectra or the reference spectrum are stored. The spectra are later evaluated exactly in a classification unit, since further information about the type of defect can be contained in the position and half-power bandwidth, which can be used for a defect classification.

/6

2.

The comparison of spectra takes place in the manner described under point 1, but an ideal stored spectrum is utilized as comparison spectrum.

3.

Several spectra are registered first and from these is formed a reference spectrum by averaging. This averaged reference spectrum is then compared as described under point 1 to an current spectrum.

In the disclosed defect detection algorithm is necessary a vertical control, since the vertical height difference leads to a shifting of the spectra with respect to each other. In principle, this vertical control can be carried out with a usual autofocusing system or with the vertical control algorithm described below, which utilizes the spectral vertical height data.

In Fig. 3 is shown schematically the spectral deviation  $\Delta\lambda$  of a wavelength  $\lambda_0$ , which corresponds to a vertical deviation  $\Delta z$ .

The vertical position of the object to be examined with respect to the image optic is selected by a suitable z-setting, for example, a z-table, in such a way that a specific spectral line corresponds to a specific vertical level of the object. This line  $\lambda_0$  (desired maximum) characterizes ideally a registered level, for example, the semiconductor surfaces of a wafer.

Fluctuations in the height (z-direction) by an amount  $\Delta z$  correspond then, depending on the set color dispersion and used chromates 6 (see, for example, Table 1), to a shift of this main line by a corresponding  $\Delta\lambda$ .

In a given registered spectrum is now determined the exact position of the maximum in the area of  $\lambda_0$ .

If the maximum deviates by a previously defined value of  $\lambda_0$ , a readjustment of the z-table position takes place by way of a control element, preferably a piezo control element. If the deviation is less than this previously defined value, the complete spectrum is correspondingly shifted by electronic means and thereafter one of the above-described defect detection algorithms is carried out.

/7

Furthermore, the above-disclosed process is suitable for a vertical control, advantageously as an autofocusing process for a confocal microscope. The advantages of the confocal microscope are known to be based on the fact that a defined object plane, the focal plane, is processed from the image. The optical imaging of other planes is suppressed by the confocal principle. In the image is therefore only visible the focal plane. In the case of a wafer inspection, a specific wafer plane can be focused with the confocal principle. All the other planes appear dark in this image. In applications in which only one specific plane is to be examined, the confocal process is therefore very advantageous. The digital image processing for defect detection is simplified in this way.

The application of confocal microscopy for the analysis of special planes, for example of a wafer, requires however a highly precise autofocusing system that focuses exactly on the plane of interest. The usual autofocusing processes (such as, for example, the triangulation process) measure only the vertical position of a specific *object point*. Depending on the existing structure, the plane of interest is not necessarily focused. Also averaging processes are focused over several object points only on a given plane.

The invention allows, however, the registration of a vertical histogram, that is, the vertical distribution over a specific object area, by spectral analysis. An evaluation of this distribution according to the vertical control algorithm described above makes then possible the focusing on a specific plane, which corresponds, for example, to the wavelength  $\lambda_0$  in Fig. 3.

In Fig. 4, a microscope objective 7 with a tube lens (not shown) generates an intermediate image Z, which is in the plane of the aperture plate arrangement 5. This intermediate image is imaged with the aid of an imaging optic 9, for example, on the camera output KA of the microscope.

A part of the field of this camera output KA is imaged through a slit 11, which is preferably located in the image plane of the camera output or a plane optically conjugated with respect thereto, in a diode array spectrometer, which is comprised by a grid 12, here a holographic grid, a diode line 13, and an evaluation unit 14 consisting here of a memory, display unit, and comparator.

/8

The object is scanned through a *stop-and-go* mode with an xy-table (which is not shown).

To register the table position are provided, for example, known interferometric path measuring systems, wherein the control and registration of the table position in the x, y, and z direction is coupled through a connection to the evaluation unit 14 with the spectral evaluation. Only part of the intermediate image field is transmitted into the spectrometer in this embodiment. The evaluation or defect detection takes place in the evaluation unit by a comparison with a stored ideal vertical profile (die-to-database comparison) or with one or several previous vertical profiles (die-to-die comparison) in accordance with the defect detection algorithm shown above with the shown vertical control algorithm.

In another advantageous embodiment according to Fig. 5, one part of the intermediate image field is imaged on the camera output KA with a disordered glass fiber bundle 15, which serves as cross section converter in a diode array spectrometer consisting of a grid 12, a diode line 13, and an evaluation unit, in that the fibers in the intermediate plane are arranged among each other in the intermediate image plane as light entry bundles and ahead of the entrance slit 11. In this way can be analyzed spectrally at the same time a larger surface of the intermediate image field.

The evaluation and defect detection as well as the scanning motion and z-control take place as already described.

For an integral spectral analysis of the entire intermediate image field is used in another advantageous embodiment according to Fig. 6 an anamorphic (cylinder-optical) cross section converter 16 for imaging the intermediate image in the spectrometer slit 11, that is, the imaging scales in the slit direction and vertical to the slit direction are different. This embodiment has the advantage that the entire intermediate image field or a large part thereof can be spectrally analyzed.

/9

The evaluation and defect detection as well as the scanning motion and z-control take place as already described.

In another embodiment according to Fig. 7 is used a camera K, which is mounted at the camera output KA of the microscope, for the spectral analysis of the entire intermediate image.

When using a black and white camera, the analysis takes place pixelwise by a comparison of gray values, when using a color camera by a pixelwise color comparison. The gray values or colors are counted pixelwise and are spectrally represented according to color or gray value in a histogram. As an alternative, the spectral color information can also be obtained by using two black and white cameras in combination with



different filters as described in WO 95/00871 and SCANNING, Vol. 14, 1992, p. 145-153. The vertical control takes place by an autofocusing system, preferably by way of the above-shown autofocusing process, the defect detection takes place by the shown defect detection logarithm.

Fig. 8 shows another embodiment, wherein the white light source is substituted with an illumination with 3 different lasers L1-L3.

By using lasers can now be highlighted different image planes in a targeted manner. The generated spectrum consists therefore only of the lines of the used laser wavelengths  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ , and  $\lambda_3$ . The integral number of events of the corresponding lines is proportional to the surface portion of the corresponding focal plane. When defects are present in this plane, the number of detected photons is also correspondingly reduced as shown schematically in Fig. 9 for two wavelengths.

The defects express themselves thus also in the integral number of detected events, but not like in the embodiments with a white light source also in different wavelengths. As cross section converter 14 are used in this embodiment the cross section converters used in the described embodiments. The anamorphic imaging 16 is shown.

In the defect detection is simplified the disclosed defect detection algorithm. After subtracting the spectra must only be counted events over a noise threshold in the area of the used laser wavelengths.

/10

The number of these events is then proportional to the surface portion of the defect on the corresponding vertical line.

In Table 1 are indicated the typical color dispersions for different objectives.

**Table 1 Color Dispersion**

Enlargement	Color Dispersion in the z-direction
10x	100 $\mu\text{m}$
20x	25 $\mu\text{m}$
50x	4 $\mu\text{m}$
100x	1 $\mu\text{m}$
150x	0.45 $\mu\text{m}$

/11

#### **Patent Claims**

1.

A confocal microscopic arrangement

consisting of an illumination arrangement for raster-shaped illumination of an object,  
first means for generating a first wavelength-selective splitting of the illumination light,  
second means for generating a second wavelength-selective splitting of the light coming from the object, parallel for several points of the object,  
as well as detection means for registering the light distribution produced by the second means.

2.

The confocal microscopic arrangement of claim 1, wherein the first means are at least an optical element for generating a chromatic color longitudinal defect.

3.

The confocal microscopic arrangement of at least one of the claims 1 or 2, wherein the object is illuminated through a slit or slit scanning disk.

4.

The confocal microscopic arrangement of at least one of the claims 1-3 for detecting deviations of at least a first object image from at least one simultaneously or previously detected and/or stored second object image by electronic comparison of

the detected spectral distribution of the first sample image with that of the second sample image.

5.

The confocal microscopic arrangement of at least one of the

/12

claims 1-4, wherein an imaging of the illuminated object takes place on the entrance slit of a spectrometer.

6.

The confocal microscopic arrangement of claim 5, wherein the entrance slit is arranged in an intermediate image plane, in which the illuminated object is imaged.

7.

The confocal microscopic arrangement of at least one of the claims 1-6, wherein means are provided for adapting an intermediate image generated by the illuminated object to the entrance slit of a spectrometer.

8.

The confocal microscopic arrangement of at least one of the claims 1-7, with means for cross section conversion between an intermediate image plane arranged in the direction of the detection and the entrance slit of a spectrometer.

9.

The arrangement of claim 8, wherein a fiberoptic is provided for cross section conversion.

10.

The arrangement of claim 8, wherein an anamorphic optic is provided for cross section conversion.

11.

The confocal microscopic arrangement of at least one of the claims 1-10, wherein the illumination of the object takes place with white light.

12.

The confocal microscopic arrangement of at least one of the claims 1-10, wherein the illumination of the object takes place with at least two light sources,

/13

preferably lasers of different wavelength and/or at least one multilens laser.

13.

The confocal microscopic arrangement of at least one of the claims 1-12, with a moved scanner disk in the illumination beam path.

14.

The confocal microscopic arrangement of at least one of the claims 1-12, wherein the object is moved to produce a scanning procedure.

15.

The confocal microscopic arrangement of at least one of the claims 1-14, with a color or black and white camera in the detection beam path.

16.

The confocal microscopic arrangement of at least one of the claims 1-15, wherein at least one prism and/or grid is provided for spectral splitting.

17.

The confocal microscopic arrangement of at least one of the claims 1-16, wherein as detection means are provided CCD lines or diode lines.

18.

An autofocusing for a confocal microscope, wherein a spectral splitting and detection of a wavelength-selective illuminated object image takes place at least point-wise and from the detection of the frequency and/or intensity deviation of a previously defined reference value corresponding to an object position is generated a control signal for shifting

the focus position by means of the vertical object position and/or the imaging system of the microscope.

/14

19.

A process for detecting deviations of at least a first vertical profile from at least one simultaneously or previously detected second vertical profile, preferably to register and/or control defects on semiconductor structures, preferably by means of a confocal microscope of claims 1-18, wherein a first object is wavelength-selectively illuminated with a light source and the light originating from the first object is detected and electronically compared to a previously or simultaneously detected second object.

20.

The process of claim 19, wherein another wavelength-selective splitting takes place before the detection.

21.

The process of at least one of the claims 19 or 20, wherein a comparison of neighboring areas takes place on one and the same object.

22.

The process of at least one of the claims 19-21, wherein a comparison to the stored object takes place.

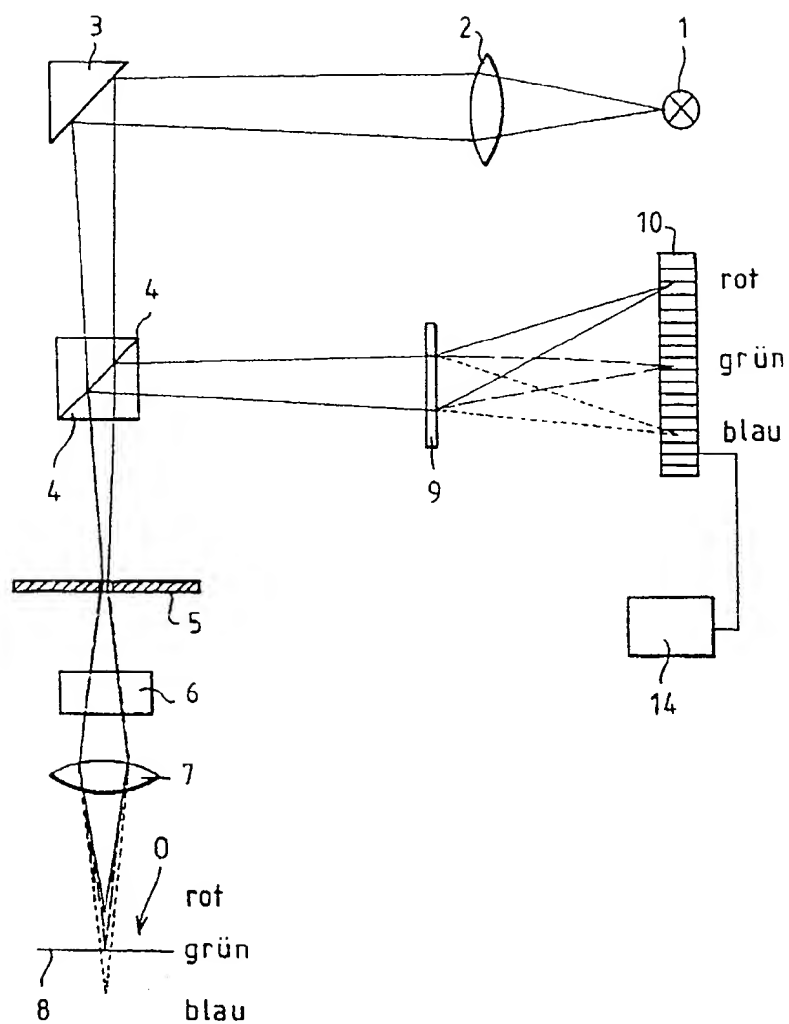
23.

The process of at least one of the claims 19-22, wherein a comparison takes place by averaging the detection of several object areas or objects and forming a reference value.

24.

The process of at least one of the claims 19-23, wherein a comparison takes place by subtracting two recorded and/or stored images.



FIG. 1

Legends to Fig. 1:

Rot = red; grün = green; blau = blue.

ERSATZBLATT (REGEL 26) = REPLACEMENT SHEET (RULE 26)

2/8

FIG. 2a

Höhenprofil

entsprechendes Spektrum

Differenzspektren

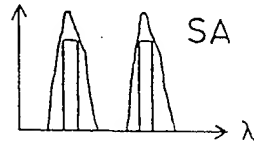
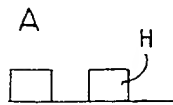


FIG. 2b

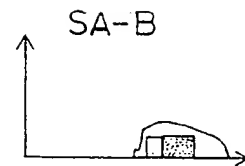
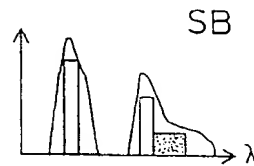
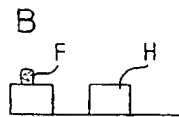


FIG. 2c

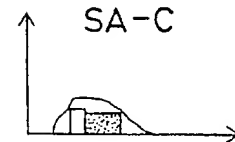
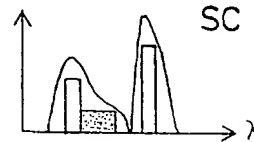
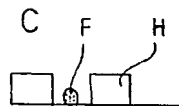
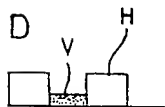


FIG. 2d

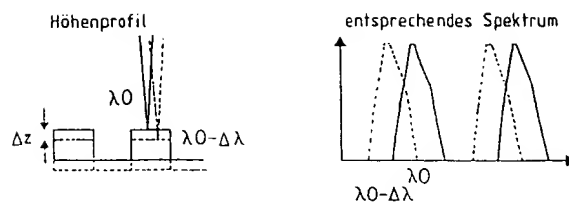
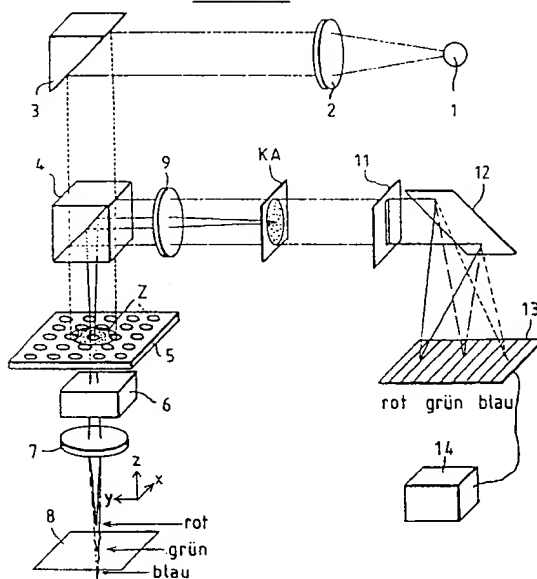


Legends to Fig. 2a:

Höhenprofil = vertical profile; entsprechendes Spektrum = corresponding spectrum; Differenzspektren = difference spectra.

ERSATZBLATT (REGEL 26) = REPLACEMENT SHEET (RULE 26)

3/8

FIG. 3FIG. 4

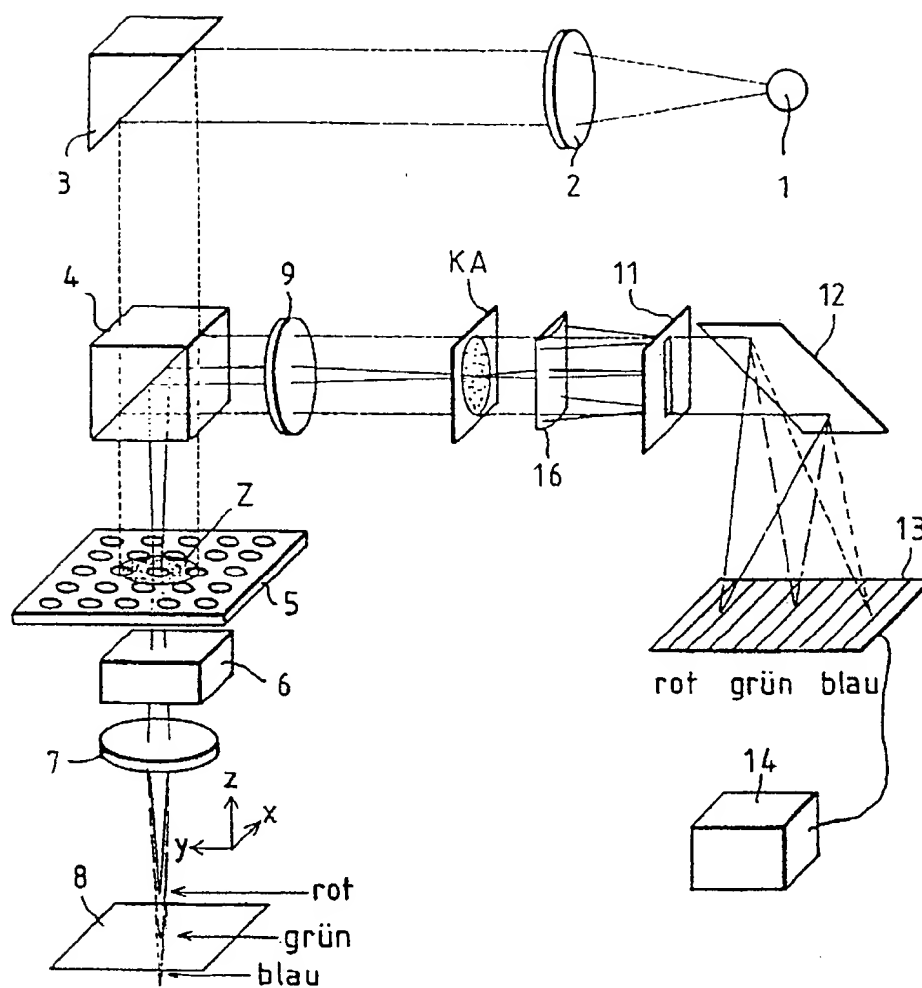
Legends to Fig. 3:

Höhenprofil = vertical profile; entsprechendes Spektrum = corresponding spectrum.

Legends to Fig. 4:

Rot = red; grün = green; blau = blue.

ERSATZBLATT (REGEL 26) = REPLACEMENT SHEET (RULE 26)

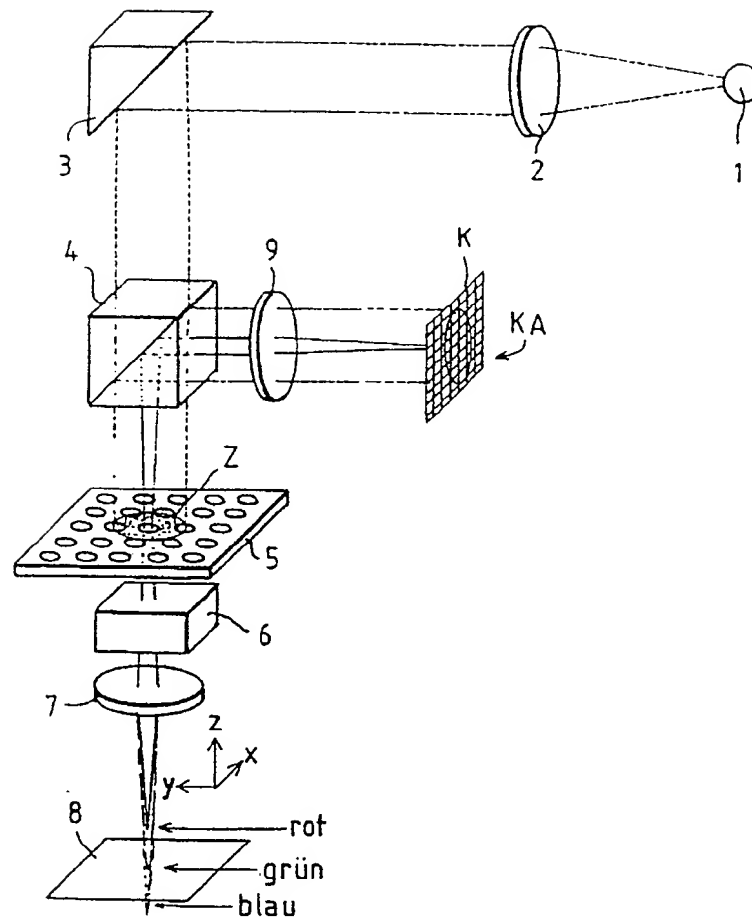
FIG. 6

Legends to Fig. 6:

Rot = red; grün = green; blau = blue.

ERSATZBLATT (REGEL 26) = REPLACEMENT SHEET (RULE 26)

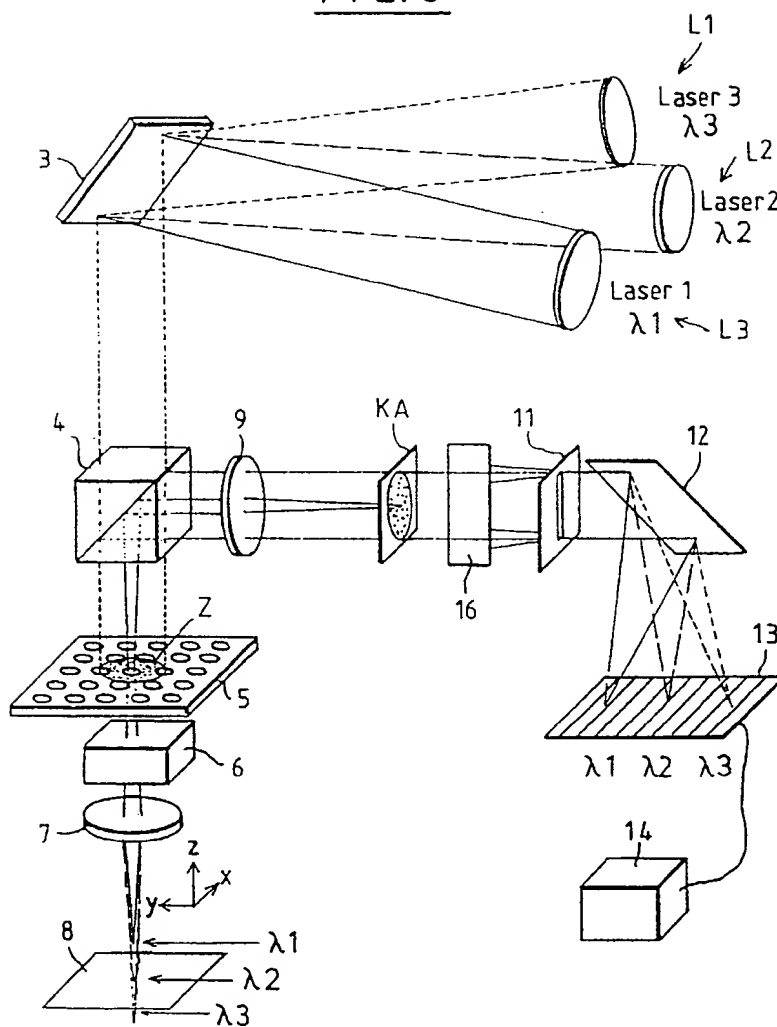
FIG. 7



Legends to Fig. 7:

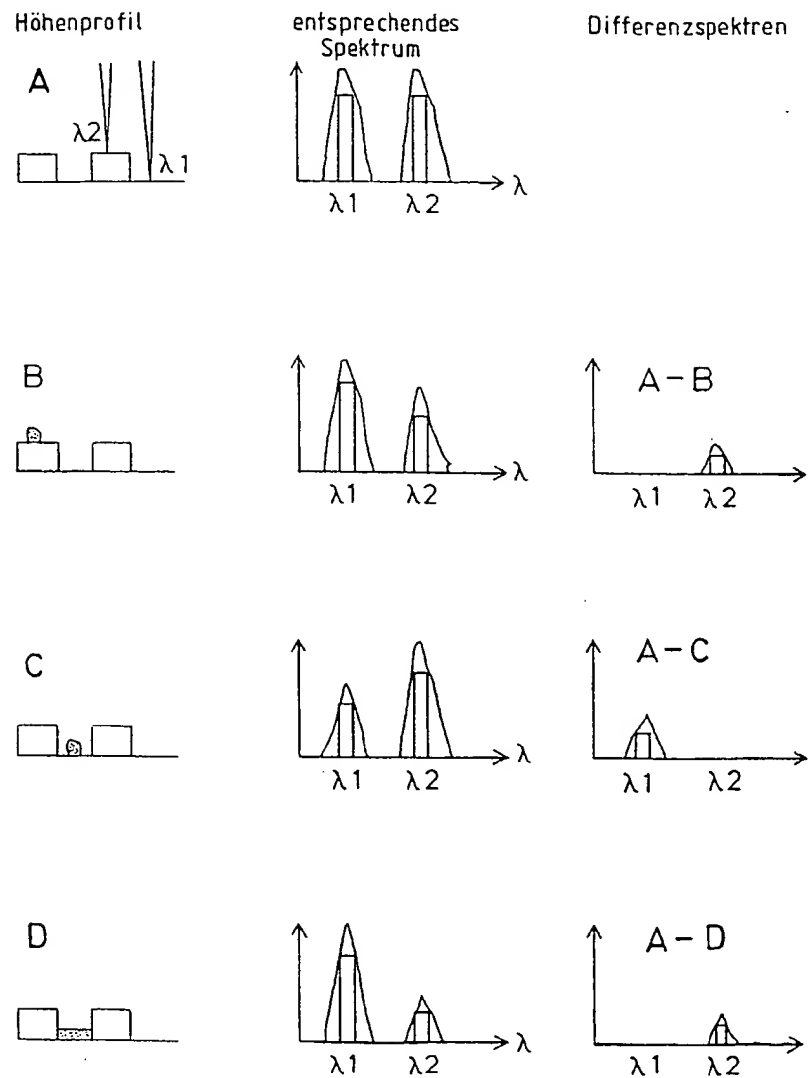
Rot = red; grün = green; blau = blue.

ERSATZBLATT (REGEL 26) = REPLACEMENT SHEET (RULE 26)

FIG. 8

ERSATZBLATT (REGEL 26) = REPLACEMENT SHEET (RULE 26)

8/8

FIG. 9

Legends to Fig. 9:

Höhenprofil = vertical profile; entsprechendes Spektrum = corresponding spectrum; Differenzspektren = difference spectra.

ERSATZBLATT (REGEL 26) = REPLACEMENT SHEET (RULE 26)